

중합방법에 따른 복합레진 인레이의 물리적 성질에 관한 연구

조선대학교 치과대학 치과보존학교실

조성아 · 조영근 · 문주훈 · 오행진

Abstract

A STUDY ON THE PHYSICAL PROPERTIES OF A COMPOSITE RESIN INLAY BY CURING METHODS

Sung-A Cho, D.D.S., Young-Gon Cho, D.D.S., M.S.D., Ph.D.,
Joo-Hoon Moon, D.D.S., M.S.D., Haeng-Jin Oh, D.D.S., M.S.D.

Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Chosun University

This study was to know the usefulness of argon laser for composite resin, to prove the polymerized effect of heat treatment of composite resin inlay and to get the curing method for optimal physical properties of composite resin inlay.

In this study we used four light curing units and one heat curing unit : Visilux II™, a visible light gun : SPECTRUM™, an argon laser : Unilux AC® and Astorn XL®, visible light curing unit : CRC-100™ for heat treatment.

Compared to a control group, we divided the experimental groups into five as follows :

Control group : Light curing(Visilux II™)

Experimental group 1 : Light curing(Visilux II™) + Light curing(Unilux AC®)

Experimental group 2 : Light curing(Visilux II™) + Light curing(Astron XL®) + Heat treatment(CRC-100™)

Experimental group 3 : Laser curing(SPECTRUM™)

Experimental group 4 : Laser curing(SPECTRUM™) + Light curing(Unilux AC®)

Experimental group 5 : Laser curing(SPECTRUM™) + Light curing(Astron XL®) + Heat treatment (CRC-100™)

According to the above classification, we made samples through the curing of Clearfil

CR Inlay®, which is a composite resin for inlay, in a separable cylindrical metal mold and polycarbonate plate. And then, we measured and compared the value of compressive strength, diametral tensile strength and the surface microhardness of each sample.

The results were as follows :

1. Among the experimental groups, group 5 showed the highest value of compressive strength, 157.50 ± 10.24 kgf and control group showed the lowest value of compressive strength, 103.93 ± 21.93 kgf. Control group showed significant difference with the experimental groups ($p < 0.001$). Group 2 which was treated by the heat showed higher compressive strength than that of group 1 which was not, and there was significant difference between group 1 and group 2 ($p < 0.001$). Group 5 which was treated by heat showed higher compressive strength than group 4 which was not, and there was significant difference group 4 and group 5 ($p < 0.001$).
2. Among the experimental groups, group 5 showed the highest value of diametral tensile strength, 95.84 ± 1.97 kgf and control group showed the lowest value of diametral tensile strength, 81.80 ± 2.17 kgf. Control group which was cured by visible light showed higher diametral tensile strength than group 3 which was cured Argon Laser. Group 2 which was treated by heat showed higher compressive strength than that of group 1 which was not, and there was significant difference between group 1 and group 2 ($p < 0.001$). Group 5 which was treated by heat showed higher compressive strength than group 4 which was not, and there was a significant difference group 4 and group 5 ($p < 0.001$).
3. Among the experimental groups, group 5 showed the highest value of microhardness of top surface, 148.42 ± 9.57 kgf and control group showed the lowest value of microhardness, 111.43 ± 7.63 kgf. In the case of bottom surface, group 5 showed the highest value of 146.19 ± 7.62 kgf, and control group showed the lowest, 104.03 ± 11.05 kgf. Group 3 which was cured by Argon Laser showed higher diametral tensile strength than control group which was cured only with a visible light gun. Group 2 which was treated by heat showed higher compressive strength than that of group 1 which was not, and there was a significant difference between group 1 and group 2 ($p < 0.001$). Group 5 which was treated by heat showed higher compressive strength than group 4 which was not, and there was a significant difference group 4 and group 5 ($p < 0.001$).
4. According to the above results, we took a conclusion that argon laser can be used as a useful unit for curing the composite resin and heat treatment can improve the physical properties of the composite resin inlay.

I. 서 론

기능의 회복으로만 만족했던 과거와는 달리 최근에는 사회경제적인 발전 및 환자들의 심미적 욕구도가 증가하여 치색재료를 이용한 심미수복치료에 대한 관심이 매우 증대되고

있다. 심미수복치료에 이용되는 대표적인 재료로는 복합레진, 글래스 아이오노머 시멘트, 세라믹 등이 있는데 이중 복합레진은 치아색조의 재현성이 우수하고 조작이 간편하여 임상적으로 널리 이용되고 있으며, 최근에는 이의 물리적 성질이 향상되어 구치부에서도 사용이

증가되고 있다. 복합레진을 구치부 수복에 이용할 경우 요구되는 가장 중요한 성질은 내마모성과 강도³⁾이나 복합레진은 아말감이나 금인레이에 비해 마모^{26, 28)} 및 파절⁵⁾에 대한 저항성이 약한 것으로 지적되고 있다. 또한 복합레진 수복시 수반되는 문제점중 하나는 중합시 발생하는 수축^{10, 18)}이며, 이로 인해 변연누출, 이차우식증 및 술후 과민증¹⁶⁾ 등이 발생될 수 있다. 따라서 빛이나 열 또는 다른 방법에 의해 구강외에서 미리 중합시켜 치질밖에서 중합수축을 유도하고 또한 부가중합으로 인한 마모저항성 및 강도 등과 같은 물리적 성질을 향상시키기 위해 복합레진 인레이^{17, 20, 25)}가 개발되었다.

광중합형 복합레진은 광개시제로 camphoroquinone과 같은 diketone이나 tertiary amine reducing agent를 함유하는데, 이러한 광개시제는 480nm범위에서 최대 활동도를 보이고 가시광선의 푸른색 영역에 매우 민감하므로¹¹⁾ 가시광선 조사기가 복합레진의 초기 광중합을 위해서 주로 이용되어왔다. 그러나 가시광선 조사기의 빛은 400-500nm 범위의 여러 파장이 모인 빛으로서 응집성(coherence)이 부족하여 램프에서 나오는 즉시 퍼지며, 투과성이 낮고, 광흡수력이 약한 물질에 사용시 거의 흡수되지 못하며⁶⁾, 가시광선에서 나오는 광질을 예측하기 어렵고 광여과기의 분해와 섬유다발의 파손으로 인한 결함들이 지적되고 있다²⁴⁾. 이러한 가시광선 조사기의 문제점이 지적되면서 고도의 규칙적인 에너지를 갖는 단색의 빔(beam)이 방출되는³⁰⁾ 레이저가 복합레진의 중합에 이용되기 시작하였다. 최근의 문헌에 의하면 아르곤 레이저를 이용하여 복합레진을 중합한 경우 압축강도, 간접인장강도, 표면미세경도, 횡적 굴곡강도 등과 같은 물리적 성질이 향상되었다고 보고되고 있다.^{6, 12, 13)}

복합레진 수복물의 중합이 불완전하여 잔존 이중결합의 양이 클수록 물리적 성질이 약화되어⁸⁾ 불충분한 내마모성과 강도가 약해지며 미세누출에 의한 수복물의 조기실패를 야기하고 치수염증을 일으킬 수 있는데^{2, 6)}, 이러한 문제점을 해결하기 위한 방법중 하나로 초기 중합후

열이나 빛을 이용하여 중합하는 부가중합방식이 소개되었다^{34, 35)}. 이러한 복합레진 수복물의 부가적인 중합방법중 하나인 열처리하는 중합의 전환정도(degree of conversion)를 증가시켜 레진의 과도한 수축을 방지하고³⁹⁾, 중합후 남아있는 미중합레진의 양이 줄어들며 잔존중합체의 동요도를 증가시켜 chain의 형성을 가속화시키며, 이미 중합된 부위의 가교(cross-link)를 강화시켜 체적안정성이 부여되어 물리적 성질이 향상된다고 보고되고 있다³⁴⁾.

Inoue²¹⁾는 가시광선 중합형 복합레진을 60, 80, 100, 120°C에서 각각 15분간 열처리하여 압축강도, 간접인장강도, 미세경도를 측정해본 결과 모든 실험군에서 열처리하지 않는 대조군보다 더 높은 측정값을 나타내었으며 100°C, 120°C에서 열처리하였을 때 가장 높은 값을 나타내었다고 보고하였으며, Wendt와 Stanley^{34, 35)}는 수종의 구치부 복합레진을 초기 광중합시킨후 100°C이상으로 가열하여 인장강도와 경도, 색조의 안정성 및 변연부 적합성이 향상되었음을 보고하였다.

그러나 Mc Cabe와 Kagi²⁷⁾는 인레이용 복합레진인 Brilliant Dentin과 Brilliant Enamel을 대상으로 열처리를 시행해본 결과 열처리에 의해 물성이 약간 향상되었지만 이는 통계학적인 유의성이 없었으며 이를 임상에 이용시 수복물의 내구성에는 큰 영향이 없을 것이라고 보고하였으며, Asmusen과 Peutzfeldt⁹⁾는 filler 함량은 동일하고 단량체의 성분이 서로 다른 4가지 복합레진을 37, 100, 125, 150, 175, 200°C에서 1시간동안 열처리하여 간접인장강도, 굴곡강도 및 탄성률을 측정해본 결과 최적의 물성을 나타낸 이차중합온도는 150°C였지만 강도, 견고성, 탄성은 약 9%밖에 증가되지 않았기때문에 열처리에 의해 물성이 향상되었다고는 볼 수 없다고 보고하였으며, Weint와 Leinfelder³⁷⁾는 열처리에 의해 구치부 복합레진 수복물의 물성이 향상된다는 실험실 결과를 바탕으로 실제 임상에서도 이러한 결과가 일치하는지 평가해보고자 60개의 복합레진 인레이를 대상으로 검사해본 결과 125°C에서 7.5분간 열처리한 복합레진 인레이와 통상적인

가시광선만으로 중합하여 제작한 복합레진 인레이간에 마모도 차이가 없었다고 보고하였다.

이상과 같은 복합레진의 중합에 이용되는 아르곤레이저와 복합레진 인레이의 열처리 효과에 대한 연구결과를 토대로 본 연구에서는 복합레진의 중합에 이용되는 아르곤 레이저의 유용성과 복합레진 인레이의 물리적 성질을 향상시킬 수 있는 열처리효과를 알아보고자 복합레진 인레이에 가시광선, 아르곤 레이저로 중합한 후 열처리를 시행하여 압축강도, 간접인장강도 및 표면미세경도를 측정 비교분석하여 다소의 지견을 얻었기에 그 결과를 보고하는 바이다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

본 실험에서는 광선과 열에 동시에 중합이 가능한 인레이용 복합레진인 Clearfil CR Inlay® (Kuraray, Japan)를 사용하였다.

일차광조사기구는 Visilux II™(3M, U.S.A)와 Argon Laser (SPECTRUM™)를 사용하였으며, 이차광중합기구는 Unilux AC®(Kulzer, German)와 Astron XL™(Morita, Japan)을 사용하였으며, 열처리를 위해서는 CRC-100™(Kuraray, Japan)을 사용하였다.

시편제작을 위해 분리가능한 원통형 금속주형과 polycarbonate plate를 사용하였다.

2. 실험방법

(1) 시편제작 및 측정

압축강도 측정용 시편을 제작하기 위해서 ADA specification No. 27에 근거하여 높이 6 mm 직경 3mm (Fig.1)의 분리가능한 원통형 금속주형을 제작하여 유리판과 matrix strip위에 주형을 놓고 인레이용 복합레진인 Clearfil CR Inlay (Kuraray, Japan)을 2mm 간격으로 주형에 충전한 후 대조군과 실험 1군과 실험 2군은 시편의 표면과 최대한 근접시켜 Visilux

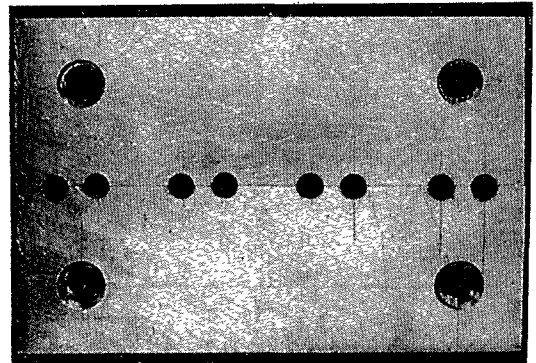


Figure 1. Seperable cylindrical metal mold for compressive strength sample

Table 1. Classification of groups

Groups	Curing Method (Curing Unit/Curing time)	First Curing (Curing Unit/Curing time)	Second Curing (Curing Unit/Curing time)	Heat treatment (Curing time)
Control group	Visible light (Visilux II®/40sec)	-	-	-
Experimetal group 1	Visible light (Visilux II®/40sec)	Visible light (Unilux AC®/525sec)	-	-
Experimetal group 2	Visible light (Visilux II®/40sec)	Visible light (Astron XL®/15min)	-	Heat (CRC-100®/15min)
Experimetal group 3	Argon laser (SPECTRUM™10sec)	-	-	-
Experimetal group 4	Argon laser (SPECTRUM™10sec)	Visible light (Unilux AC®/525sec)	-	-
Experimetal group 5	Argon laser (SPECTRUM™10sec)	Visible light (Astron XL®/15min)	-	Heat (CRC-100®/15min)

II™(3M, U.S.A)로 40초간 일차 광조사하고 실험 3군과 실험 4군 및 실험 5군은 Argon Laser (SPECTRUM™)로 시편의 직경과 같은 빔을 만들기위해 10mm 떨어진 위치에서 600μm fiber를 이용하여 0.5W 출력으로 10초간 일차 광조사하고 6mm의 레진이 모두 충전된 후 평활한 표면을 만들기위해 슬라이드 글라스와 matrix strip으로 압접하여 일차 광조사하였다 (Table 1). 일차 광조사한 시편을 주형에서 분리한 후 실험 1군과 실험 4군은 중합촉진제와 산소가 결합하여 중합이 억제되는 중합억제층을 제거 하기 위하여 Dentacolor ADS gel을 시편의 표면에 바른 후 Unilux AC® (Kulzer, German)에서 입력코드 25로 입력한 후 525초 동안 이차 광증합하였고 실험 2군과 실험 5군은 두 줄의 형광등에서 가시광선이 나오는 다목적 가시광선 중합기인 Astron XL™ (Morita, Japan)에서 15분간 이차 광증합한 후 CRC-100™ (Kura ray, Japan)에서 시편이 약간 넘칠정도의 물을 붓고 100°C에서 15분간 열처리하여 총 120개의 시편을 제작하였다 (Table 1).

간접인장강도 측정용 시편을 제작하기 위해

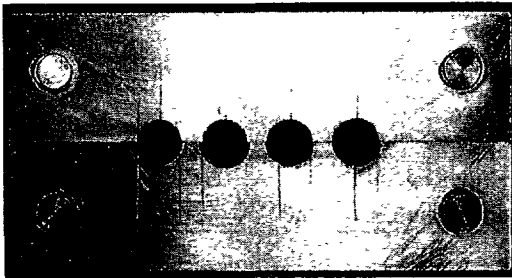


Figure 2. Seperable cylindrical metal mold for diametral strength sample

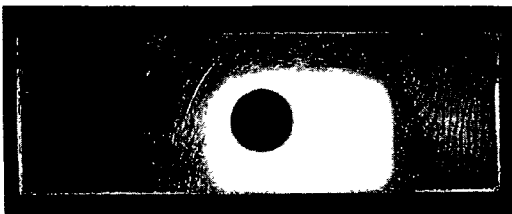


Figure 3. Polycarbonate plate for surface microhardness sample

서는 높이 2mm 직경 4mm (Fig.2)의 분리가 능한 원통형 금속주형을 제작하여 유리판과 matrix strip위에 주형을 놓고 인레이용 복합 레진인 Clearfil CR Inlay® (Kuraray, Japan)을 2mm 간격으로 주형에 충전한 후 슬라이드 글라스와 matrix strip으로 압접하여 압축강도와 동일하게 중합과 열처리하여 총 120개의 시편을 제작하였다(Table 1).

표면미세경도 측정용 시편을 제작하기 위해서 100°C에서 15분간 열처리하여도 변형이 없는 4mm의 구멍을 뚫은 1 cm×3 cm×2 mm의 polycarbonate plate을 제작하여 (Fig. 3) 강도측정용 시편제작과 동일한 방법으로 중합과 열처리하여 총 120개의 시편을 제작하였다.

이상과 같이 제작된 복합레진 인레이의 시편을 빛이 차단된 용기에 3일간 보관한 후 만능측정 시험기 (AGS-100A, Shimadzu, Japan)를 이용하여 압축강도는 하중(Load cell) 500 kgf로 1분당 10mm의 crosshead speed로 측정하였고 간접인장강도는 100kgf로 1분당 5 mm의 crosshead speed로 측정하였다. 표면미세경도는 변사이의 각이 모두 136 인 피라미드형의 다이아몬드 인덴터(diamond indenter)를 갖는 비커스 미세경도 측정기(Vicker's microhardness tester) (MHT 2, Japan)를 이용하여 100g의 하중으로 20초간 가한 후 압흔의 장축의 길이를 측정하여 다음의 공식에 따라 Vicker's 수치가 산출된 환산표를 이용하여 Vicker's 수치를 얻었으며 상충면과 기저면 모두에서 3부위를 측정한 후 평균값을 산출하였다.

$$HV = 0.102 \frac{F}{S} = 0.102 \frac{2F \sin \theta/2}{d^2} = 0.1891 \frac{F}{d^2}$$

HV : 비커스 경도

F : 하중 (N)

S : 오목자국의 투상면적(mm²)

θ : 오목자국의 정점에서 반대면과의 각

d : 오목자국에서 대각선 길이 (mm)

2) 통계처리

측정된 측정값의 통계처리는 SAS package를

이용하였고 One-way ANOVA test를 이용하여 대조군 및 실험군간의 유의성 검정을 하였으며 HSD Turkey's test를 이용하여 각 군간의 유의성 평가를 시행하였다.

III. 실험성적

1. 압축강도

각 군의 시편수와 압축강도 측정치의 평균값과 표준편차는 table 2와 같다. 아르콘레이저로 중합후 가시광선중합기에서 이차중합 및 열처리를 시행한 실험 5군이 157.50±10.24 kgf로 가장 높게 나타났고 가시광선 조사기roman 중합한 대조군이 103.93±21.93 kgf로 가장 낮게 나타났다(Table 2, Fig. 4).

이상의 측정값을 토대로 각 군간의 유의성을 검정하기 위해 통계분석한 결과 아르콘레이저로만 중합한 실험 3군은 가시광선만으로 중합한 대조군에 비해 더 높은 압축강도를 나타내었

Table 2. Compressive Strengths(kgf) of each group.

Groups	No. of Sample	Compressive Strengths(Mean± SD)
Control group	20	103.93± 21.93
Experimental group 1	20	123.80± 13.82
Experimental group 2	20	127.18± 9.53
Experimental group 3	20	121.51± 15.19
Experimental group 4	20	138.78± 10.24
Experimental group 5	20	157.50± 10.24

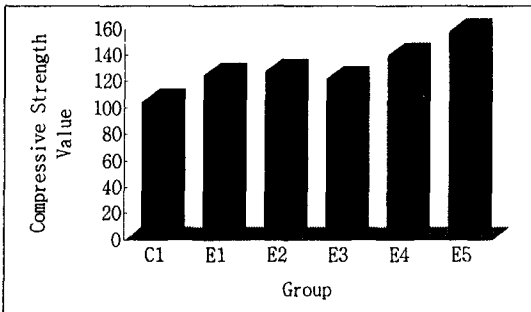


Figure 4. The mean compressive strengths (kgf) of each group.

으며($p<0.001$), 열처리를 시행한 실험 2군은 열처리를 시행하지 않는 실험 1군에 비해 더 높은 압축강도를 나타내었으며($p<0.001$), 실험 5군은 실험 4군에 비해 더 높은 압축강도를 나타내었다.(Table 3).

2. 간접인장강도

각 군의 시편수와 간접인장강도 측정치의 평균값과 표준편차는 table 4와 같다. 실험 5군이 95.84±1.97 kgf로 가장 높게 나타났고 실험 3군이 81.80±2.17 kgf로 가장 낮게 나타났다 (Table 4, Fig. 2).

이상의 측정값을 토대로 각 군간의 유의성을 검정하기 위해 통계분석한 결과 아르콘레이저로만 중합한 실험 3군이 가시광선 조사기roman 중합한 대조군보다 더 높은 간접인장강도값을 나타내었으며 열처리를 시행한 실험 2군은 열처리를 시행하지 않는 실험 1군에 비해, 실험

Table 3. Statistical analysis on the compressive strengths of each group (by ANOVA test)

	C	E1	E2	E3	E4	E5
E1	*	—	*	NS	*	*
E2	*	*	—	NS	NS	*
E3	*	NS	NS	—	*	*
E4	*	*	NS	*	—	*
E5	*	*	*	*	*	—

* : statistically significance ($p<0.001$)

NS : Non-significance

Table 4. Diametral tensile strengths(kgf) of each group

Groups	No. of Sample	Diametral Tensile Strengths(Mean± SD)
Control group	20	82.40± 2.26
Experimental group 1	20	87.48± 2.18
Experimental group 2	20	93.96± 1.30
Experimental group 3	20	81.80± 2.17
Experimental group 4	20	89.00± 1.62
Experimental group 5	20	95.84± 1.97

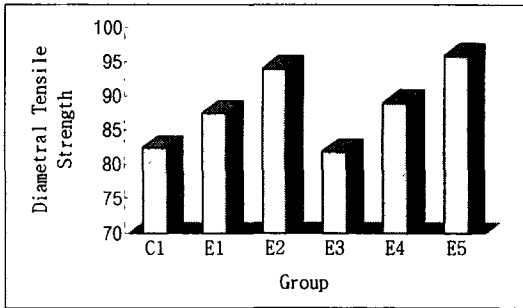


Figure 5. The mean diametral tensile strengths (kgf) of each group.

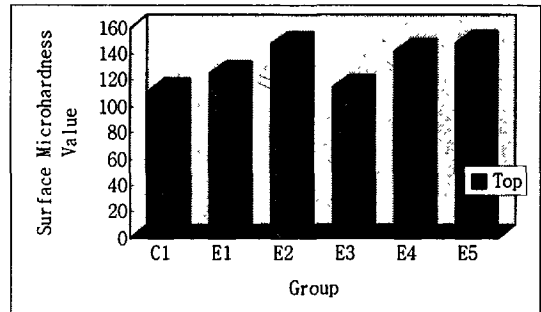


Figure 6. The mean value of microhardness of top surfaces in each group.

Table 5. Statistical analysis on the diametral tensile strengths(kgf) of each group (by ANOVA test)

	C	E1	E2	E3	E4	E5
E1	NS	—	NS	NS	NS	*
E2	*	NS	—	*	NS	NS
E3	NS	NS	*	—	*	*
E4	NS	NS	NS	*	—	NS
E5	*	*	NS	*	NS	—

* : statistically significance ($p < 0.01$)

NS : Non-significance

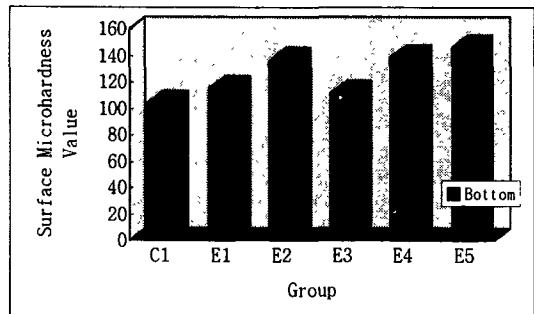


Figure 7. The mean value of microhardness of bottom surfaces in each group.

Table 6. Microhardness of top surfaces and bottom surfaces of each group.

Groups	No. of Sample	Microhardness of top surface(kgf) (Mean± SD)	Microhardness of bottom surface(kgf) (Mean± SD)
Control group	20	111.43± 7.63	104.03± 11.05
Experimental group 1	20	124.86± 5.99	115.61± 7.20
Experimental group 2	20	147.56± 15.78	136.37± 12.25
Experimental group 3	20	114.49± 6.11	111.47± 6.10
Experimental group 4	20	141.76± 13.29	138.66± 11.67
Experimental group 5	20	148.42± 9.57	146.19± 7.62

5군은 실험 4군에 비해 더 높은 간접인장강도 값을 나타내었으나 통계학적인 유의성은 없었다 ($p > 0.001$).

3. 표면미세경도

각 군의 시편수와 상충면 및 기저면의 평균 값과 표준편차는 table 6과 같다. 상충면의 표면미세경도는 실험 5군이 148.42 ± 9.57 kgf로

가장 높게 나타났고 대조군이 111.43 ± 7.63 kgf로 가장 낮게 나타났으며, 기저면의 표면미세경도에서도 실험 5군이 146.19 ± 7.62 kgf로 가장 높게 나타났으며 대조군이 104.03 ± 11.05 kgf로 가장 낮게 나타났다(Table 6, Figs. 6, 7).

이상의 측정값을 토대로 각 군간의 유의성을 검증하기 위해 통계분석한 결과 상충면과 기

Table 7. Statistical analysis on the microhardness of top surfaces (by ANOVA test)

	C	E1	E2	E3	E4	E5
E1	*	—	*	*	*	*
E2	*	*	—	*	NS	NS
E3	NS	*	*	—	*	*
E4	*	*	NS	*	—	NS
E5	*	*	NS	*	NS	—

* : statistically significance ($p < 0.01$)

NS : Non-significance

Table 8. Statistical analysis on the microhardness of bottom surfaces (by ANOVA test)

	C	E1	E2	E3	E4	E5
E1	*	—	*	NS	*	*
E2	*	*	—	*	NS	NS
E3	*	NS	*	—	*	*
E4	*	*	NS	*	—	NS
E5	*	*	NS	*	NS	—

* : statistically significance ($p < 0.01$)

NS : Non-significance

저면 모두에서 열처리를 시행한 실험 2군은 실험 1군에 비해, 실험 5군은 실험 4군에 비해 더 높은 경도값을 나타내었으며 실험 2군과 실험 1군간에는 통계학적인 유의성이 있었다($p < 0.001$) (table 7, 8).

IV. 총괄 및 고안

치의학분야에서 치아의 심미성을 향상시키기 위한 기술적인 접근이 끊임없이 이루어져 왔으며 이러한 성과중 팔목할만한 성취중의 하나가 복합레진의 개발이다. 특히 최근 몇 년동안 환자들의 심미적 욕구가 증대되고 금속수복물에 대한 기피현상이 증가되면서 주로 전치부의 치료에만 이용되었던 복합레진이 구치부에도 사용이 증가되는 추세에 있다. 그러나 구치부에서의 복합레진 사용은 마모저항성 및 기계적 물성이 낮아 파절위험성이 높고, 중합수축으로

인한 변연누출이 발생되며²⁵⁾, 색조안정성 및 경도²⁾등의 문제점이 지적되고 있다. 이러한 문제점을 극복하는 방안으로 직접법 혹은 간접법으로 제작하여 초기 중합후 광선과 열을 이용하여 부가중합과 열처리하여 제작되는 복합레진 인레이가 소개되었다^{17,20)}. 복합레진의 부가적인 중합 및 열처리로 강도와 경도, 색조안정성 및 마모도와 같은 물리적 성질이 향상되었고³⁾, 치질밖에서 중합수축을 유도하여 중합수축이 감소되어 변연부 누출 및 이차우식이 현저히 감소하게 되었으며^{20,9)}, 술후 민감성이 감소되어 수복재로써 매우 바람직한 성질을 갖게 되었다¹⁷⁾.

이러한 복합레진 인레이의 우수성에 관해 Hasegawa²⁰⁾는 복합레진 인레이 수복물은 직접 충전한 복합레진에 비해 변연부 누출이 더 적게 나타났다고 보고하였으며, Peutzfeldt²⁹⁾는 직접법으로 제작된 복합레진 인레이가 간접법으로 제작된 복합레진 인레이보다 변연봉쇄능력이 우수하다고 보고하였고, Christensen¹⁵⁾은 복합레진 인레이가 심미적 수복물에 많이 이용되는 포세린보다 대합치를 마모시키는 경향이 더 적으며, 또한 Dale¹⁷⁾은 복합레진 인레이의 장점으로 포세린보다 마무리 및 수리가 용이하고, 금인레이 제작에 필요한 매몰과 주조과정이 필요없기 때문에 작업시간을 단축시킬 수 있다고 보고하였다.

복합레진의 초기광중합을 위해 가시광선 조사기가 주로 이용되어 왔는데 레이저의 도입으로 아르곤 레이저가 복합레진의 초기중합에 이상적이라는 주장^{6,12)}이 대두되면서 최근 수복 치료에 대한 레이저의 사용이 치과의사들사이에서 관심의 대상이 되고있다. 레이저는 488-514.5nm의 단색파장을 갖는 blue-green light로 광중합 수복재료의 중합을 기시하는데 요구되는 파장과 일치하고¹¹⁾, 모든 광자입자들이 동일한 파장을 갖고 동일상(phase)에 존재하며 하나의 작은 조직에 초점을 맞출 수 있으며 목표와 접촉되면 에너지가 열로 전환되고 강도와 초점의 크기를 다양하게 조절할 수 있는 특징¹²⁾을 가지고 있어 현재 임상에서 다양하게 이용되는 가시광선 조사기의 단점을 극복할 수 있는 많은

잇점을 갖는다. 또한 김²⁹⁾은 초기 광조사시 weak, medium, strong순으로 광선을 단계적으로 조사함으로써 polymer의 unit가 증가하여 레진의 질이 좋아지고 중합시간이 증가하여 중합도가 증가된다고 제안하였다.

복합레진의 중합반응은 단량체인 methyl meth acrylate(MMA)가 개시제(initiator)에 의해 연쇄적으로 서로 결합하여 다량체를 형성해가는 부가중합반응으로서⁴⁾, 중합시 모든 단량체가 중합체로 전환되는 것이 바람직하나 불완전한 중합으로 미반응 단량체가 존재하게 되는데³¹⁾, 이러한 미반응 단량체는 복합레진의 화학적 파괴의 주요한 원인이 되며 치수조직에 직접적인 자극과 변성을 초래하고^{4,7)}, 레진의 경도, 강도, 체적변화, 내마모성, 색안정성 및 생체친화성에도 영향을 미치는 것으로 보고되고있다⁴⁾. 이러한 복합레진의 불완전한 중합을 극복하는 방법으로 열이나 빛을 이용하여 구강외에서 부가적인 중합 및 열처리시키는 방법이 소개되었다^{33,34)}.

복합레진 인레이의 부가적인 중합과 열처리 방법에는 초기 광중합후에 광중합기에서 이차 광중합하거나(light), 초기 광중합후 이차 열중합 및 열처리하거나(heat), 질소가스등을 이용하여 압력을 준후 어두운 곳에 보관하여 압력이 충분히 레진에 도달하게 한후 초기 광중합시키고 이차열중합하거나(pressure, light and heat), 초기 광중합후 이차 열중합하여 진공상태에 보관하는 방법(light, heat and vacuum)등¹⁷⁾이 있다. 복합레진의 물리적 성질을 향상시키기위한 방법으로 시행하는 열처리 효과에 대해 Wendt와 Stanley^{33,34,35)}는 glass transition temperature와 일치하는 125℃에서 7.5분간 열처리하면 레진기질내의 미중합레진의 양이 줄어들고 미반응 단량체인 methylmethacrylate group의 전환이 증가되며 다량체의 가교형성이 증가되어 인장강도와 경도, 마모저항성 및 색조안정성 등이 향상된다고 보고하였으며, 김동²⁹⁾은 Clearfil CR Inlay[®]을 100℃에서 15분간 열처리한 경우에서 열처리하지 않는 경우보다 굴곡강도가 증가하였다고 보고하였고, Strohaber³²⁾는 광중합형 복합레진보다

열중합형 복합레진에서 기포가 더 적게 나타났다고 보고하였다.

복합레진의 중합은 광선의 투과깊이, 재료의 구성성분 및 광원과 노출시간에 좌우되므로 본 실험에서는 광원에 따른 중합의 효과를 알아보고자 인레이용 복합레진인 Clearfil CR Inlay[®]만을 대상으로 중합방법을 달리하여 실험을 시행하였다. Clearfil CR Inlay[®]는 충전제의 크기가 3.5-4.0μm인 혼합형 복합레진이고 함량이 86.5%, 무게비로 75-80% 정도되는 많은 양의 filler를 함유하며 중합방식에 따른 분류에 의하면 열과 빛에 동시에 중합되는 light and heat curing type이므로 100℃에서 15분간 열처리하므로써 열중합 및 열처리효과를 동시에 얻을수 있다.

본 실험에서 측정한 압축강도로 복합레진 인레이에 저작압과 같은 압축하중이 가해졌을때 파절에 어떻게 저항하는지를 예측할 수 있는데 가시광선 조사기로만 중합한 대조군이 가장 낮은 압축강도를, 아르곤 레이저로 조사한후 가시광선 중합기에서 부가중합시킨후 100℃에서 15분간 열처리한 실험 5군에서 가장 높은 압축강도를 나타내었다. 또한 아르곤 레이저로만 중합한 실험 3군이 가시광선으로만 중합한 대조군에 비해 더 높은 압축강도를 나타내었으며(p0.001), 이러한 결과는 레이저와 가시광선을 이용해 복합레진을 중합한후 압축강도, 간접인장강도, 횡적굴곡강도를 측정해 본 결과 아르곤 레이저군에서 모두 더 높게 나타났고 특히 중합시간이 가시광선 조사기에 비해 1/4로 짧기때문에 시술시간을 줄일수 있다고 보고한 Kelsey 등^{23,24)}과 조동⁶⁾의 연구와 일치하였다. 또한 Kelsey²⁴⁾등은 아르곤 레이저를 이용한 복합레진의 중합에는 12-13초의 노출시간과 160-525mW에서 최적의 중합효과를 보인다고 보고하였다. 열처리를 시행한 실험 2군은 열처리를 시행하지 않은 실험 1군에 비해, 실험 5군은 실험 4군에 비해 더 높은 압축강도를 나타내었고 통계학적 유의성이 있었으며(p<0.001), 이는 열처리에 의해 중합의 심도가 증가하여 압축강도가 높게 나타났다는 Stanley와 Wendt³³⁾의 연구와 일치하는 결과이다.

수복물을 길게하거나 늘리게하는 측방힘에 어떻게 저항하는지를 예측할 수 있는 간접인장강도는 아르곤 레이저로만 중합한 실험 3군에서 가장 낮았고 아르곤 레이저로 조사한후 가시광선 중합기에서 부가중합시킨후 100℃에서 15분간 열처리한 실험 5군에서 가장 높게 나타내었다. 아르곤 레이저로만 조사한 실험 3군이 가시광선 조사기로만 중합한 대조군에 비해 더 높은 간접인장강도를 나타내었으며($p < 0.001$), 이는 아르곤 레이저로 1W, 5초간 조사한 군이 가시광선 조사기로 20초간 조사한 군에 비해 압축강도는 더 높았으나 간접인장강도값은 더 낮게 나타났던 Powell³⁰⁾ 등의 연구와 일치하는 결과이다. 또한 열처리를 시행한 실험 2군은 열처리를 시행하지않는 실험 1군에 비해, 실험 5군은 실험 4군에 비해 더 높은 간접인장강도를 나타내었으나 통계학적인 유의성은 없었다 ($p > 0.001$). 본 실험에서는 시편을 제작하여 3일후 간접인장강도를 측정하였는데 Blankenau³⁴⁾은 복합레진을 가시광선과 아르곤레이저로 조사한후 간접인장강도를 측정한 결과 실험 초기에는 두 군간에 강도의 차이가 있었으나 20일이 경과되어 측정하였을때는 값의 차이가 나타나지 않아 어떤 방법이나 제품의 우수성을 평가하기 위해서는 충분한 실험기간이 필요하다고 주장한 바 충분한 실험기간동안에 걸친 결과가 필요할것으로 사료된다.

수복물의 마모저항성과 형태를 유지하는 능력과 관계되는 표면미세경도는 깊이별 중합정도의 차이를 평가하기위해 상충면과 기저면 모두에서 측정값을 산출하였다. 상충면 및 기저면 모두에서 가시광선만으로 중합한 대조군이 가장 낮은 경도를, 아르곤 레이저로 조사한 후 가시광선 중합기에서 부가중합시킨후 100℃에서 15분간 열처리한 실험 5군에서 가장 높은 경도를 나타내었다 ($p < 0.001$). 모든 실험군에서 상충면이 기저면보다 높은 표면미세경도를 나타내었으며, 아르곤 레이저로만 중합한 실험 3군의 상충면값과 기저면값의 차이가 가시광선만으로 조사한 대조군의 상충면값과 기저면값의 차이보다 더 적게 나타났다. 이는 집속성이 좋고 감쇄됨이 없이 먼곳까지 빛이 일정하게

조사시킬 수 있는 레이저의 특성을 반영하는 결과일 것이다. 또한 상충면과 기저면 모두에서 열처리를 시행한 실험 2군이 열처리를 시행하지 않는 실험 1군에 비해, 실험 5군이 실험 4군에 비해 더 높은 표면미세경도를 나타내었으나 상충면의 실험 1군과 실험 2군간에서만 통계학적인 유의성을 보였다($p < 0.001$). 최등³⁵⁾은 경도가 복합레진의 중합후 남아있는 잔존이중결합의 수를 측정하는 간접적인 지표가 될 수 있다고 하였으며, Kanca²²⁾는 표면미세경도가 중합도를 평가하는 지표가 된다고 주장한 바 본 실험에서 가장 높은 표면미세경도값을 나타낸 실험 5군이 잔존 이중결합의 양이 가장 적고 가장 높은 중합도를 갖는다고 생각할 수 있다.

본 실험의 압축강도와 표면미세경도결과로 보아 아르곤 레이저만으로 중합한 복합레진이 가시광선만으로 중합한 복합레진보다, 열처리를 시행한 복합레진 인레이가 열처리를 시행하지 않는 복합레진 인레이보다 물리적 성질이 우수하다고 결론내릴 수 있다. 그러므로 아르곤 레이저는 가시광선에 비해 노출시간이 적고 물리적 성질을 향상시킬 수 있기 때문에 복합레진의 중합에 유용하게 이용될 수 있으며, 복합레진 인레이에 이용되는 열처리는 강도 및 경도와 같은 물리적 성질을 향상시켜 수복물의 영구성을 높일수 있을 것으로 사료된다.

앞으로 중합형태에 따른 서로 다른 인레이용 복합레진간의 비교와 아르곤 레이저와 열처리에 의해 물성이 향상된 복합레진 인레이의 중합도에 대한 평가 및 실제 임상과 유사한 실험 조건하에서 장기간에 걸친 연구가 요구되며 미세누출을 완전하게 폐쇄시킬 수 있는 합착용 세멘트에 대한 연구가 동시에 계속된다면 아르곤 레이저에 의한 중합과 열처리를 시행하여 제작된 복합레진 인레이는 구치부 수복물에 요구되는 물리화학적성질과 생물학적인 안정성 및 심미성을 모두 갖춘 미래의 심미적 구치부 수복물로 각광받게 될 것이다.

V. 결 론

본 연구에서는 복합레진의 중합에 이용되는 아르곤 레이저의 유용성과 복합레진의 물리적 성질을 향상시키는 열처리에 대한 효과를 알아보고자 복합레진 인레이에 가시광선 조사기 및 아르곤 레이저로 일차 광중합하고 가시광선 중합기에서 이차 광중합시킨 후 열처리의 시행여부에 따라 5개의 군으로 분류한 후 시편을 제작하여 압축강도, 간접인장강도 및 표면미세경도를 측정 비교분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 압축강도는 아르곤 레이저로 일차 중합하고 가시광선 중합기에서 이차 광중합한 후 100℃에서 15분간 열처리한 실험 5군이 157.50 ± 10.24 kgf로 가장 높게 나타났고 가시광선 조사기만으로 중합한 대조군이 103.93 ± 21.93 kgf로 가장 낮게 나타났다. 아르곤 레이저로만 중합한 실험 3군이 가시광선 조사기만으로 중합한 대조군에 비해 더 높은 압축강도를 나타내었으며(p < 0.001), 열처리를 시행한 실험 2군은 열처리를 시행하지 않는 실험 1군에 비해, 실험 5군은 실험 4군에 비해 더 높은 압축강도를 나타내었으며 통계학적인 유의성을 보였다 (p < 0.001).
2. 간접인장강도는 실험 5군이 95.84 ± 1.97 kgf로 가장 높게 나타났고 아르곤레이저만으로 중합한 실험 3군이 81.80 ± 2.17 kgf로 가장 낮게 나타났다. 아르곤 레이저로만 중합한 실험 3군이 가시광선 조사기만으로 중합한 대조군보다 더 낮은 간접인장강도를 나타내었으며 열처리를 시행한 실험 2군은 열처리를 시행하지 않는 실험 1군에 비해, 실험 5군은 실험 4군보다 더 높은 간접인장강도를 나타내었으나 통계학적인 유의성은 없었다 (p > 0.001).
3. 상충면의 표면미세경도는 실험 5군이 148.42 ± 9.57 Kgf로 가장 높게 나타났고 가시광선 조사기만으로 중합한 대조군이 111.43 ±

7.63 Kgf로 가장 낮게 나타났으며, 기저면의 표면미세경도에서도 실험 5군이 146.19 ± 7.62 Kgf로 가장 높게 나타났으며 대조군이 104.03 ± 11.05 kgf로 가장 낮게 나타났다. 대조군 및 실험군 모두 상충면값이 기저면값보다 더 높게 나타났으며, 상충면과 기저면 모두에서 열처리를 시행한 실험 2군은 열처리를 시행하지 않는 실험 1군에 비해, 실험 5군은 실험 4군에 비해 더 높은 경도값을 나타내었으며 실험 1군과 실험 2군에서 통계학적인 유의성이 있었다(p < 0.001).

본 연구의 결과 아르곤 레이저는 복합레진의 중합에 유용하게 이용될 수 있으며 복합레진 인레이를 제작시 열처리를 시행하는 것이 물리적 성질을 향상시킬 수 있을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. 김영성 : New Resin Inlay System (1). 치과임상. 13, 19-23, 1993.
2. 김용성·민병순 : 열처리에 따른 복합레진 인레이의 굴곡강도에 관한 연구. 대한치과보존학회지. 18(1), 84-94, 1993.
3. 강현숙·최호영 : 2급 와동 복합레진 인레이 충전 후 변연누출에 관한 연구. 대한치과보존학회지. 17(1), 191-202, 1992.
4. 노병덕·박성호 : 수중 이원중합 레진 씨멘트의 중합률 및 세포 독성에 관한 실험적 연구. 대한치과보존학회지. 20(1), 33-53, 1995.
5. 문영덕·조규중 : 합착방법에 따른 복합레진 인레이의 변연폐쇄효과. 대한치과보존학회지. 16(1), 121-130, 1991.
6. 조현경·이정석 : Argon 이온 레이저 중합에 의한 Composite resin의 물성에 관한 연구. 대한치과보존학회지. 17(1), 69-80, 1992.
7. 최경규·민병순 : 치과용 가시광선중합형 복합레진의 잔류단량체 정량분석에 관한 연구. 대한치과보존학회지. 17(1), 181-189, 1992.

8. Asmussen, E. : Restorative resins : hardness and strength vs. quantity of remaining double bonds. *Scand. J. Dent. Res.* 90, 484–489, 1982.
9. Asmussen, E. and Peutzfeldt, A. : Mechanical properties of heat treated restorative resins for use in the inlay/onlay technique. *Scand. J. Dent. Res.* 98, 564–567, 1990.
10. Bausch, J.R., Lange, K.D. and Davidson, C.L. : Clinical significance of polymerization shrinkage of composite resins. *J. Pros. Dent.* 48, 59–67, 1982.
11. Blankenau, R., Kelsery, W.P. and Kutsch, V.K. : Clinical Application of Argon Laser in Restorative Dentistry. *Text. Laser in Dentistry.*
12. Blankenau, R.J., Kelsey, W.P., Powell, G.L., Shearer, G.O., Barkmeier, W.W. and Cavel, W.T. : Degree of composite resin polymerization with visible light and argon laser. *Am.J. Dent.* 4, 40–42, 1991.
13. Blankenau, R.J., Powell, G.L., Kelsey, W.P., Anderson, D.M. and Kelsey, N. : A Comparison of the Diametral Tensile Strength Values of Pit and Fissure Sealants Polymerized with an Argon Laser and an Incandescent Light Source. *J. of Clinical Laser Medicine & Surgery.* 12, 75–78, 1994.
14. Blankenau, R.J., Powell, G.L., Kelsey, W.P. and Barkmeier, W.W. : Postpolymerization strength values of argon laser cured resin. *Laser Surg. Med.* 11,470–474, 1991.
15. Christensen, R., christensen, G. and Ban gerter, V.V. : 2 year clinical comparison of 6 inlay systems. *J. Dent. Res.* 70–561, 1991.
16. Ciucchi, B., Bouillaguet S. and Holz, J. : Proximal adaptation and marginal seal of posterior composite resin restorations placed with direct and indirect techniques. *Quint. Int.* 21(8),663–669, 1990.
17. Dale, B.G. and Aschheim, K.W. : *Esthetic Dentistry.* LEA & FEBIGER. Philadelphia. 1993.
18. Davidson, C.L, and DeGee, A.J. : Relaxation of polymerization contraction stresses by flow in dental composite. *J. Dent. Res.* 63(2), 146–148, 1984.
19. Goldman, M. : Polymerization shrinkage of resin-based restorative materials. *Aust. Dent. J.* 28,156–161, 1983.
20. Hasegawa, E.A., Boyer, D.B. and Chan, D. C.N. : Microleakage of indirect composite inlays. *J. of Dent. Mater.* 5,388–391, 1989.
21. Inoue, K., Terachi, M. and Utsumi, S. : A study on composite resin inaly. *J. Dent, Res.* 67(special issue) : 222(abst. No. 873), 1988.
22. Kanca, J. : The effect of heat on the surface hardness of light-activated composite resins. *Quint. Int.* 20, 899–901, 1989.
23. Kelsey, W.P., Blankenau, R.J., Powell, G.L., Barkmeier W.W., Cavel, W.T. and Whise nant, B.K. : Enhancement of Physical Properties of Resin Restorative Materials by Laser Polymerization. *Laser in Surgery and Medicine.* 9, 623–627, 1989.
24. Kelsey, B.W., Blankenau, R.J., Powell, G.L., Barkmeier, W.W. and Stormderg, E.F. : Power and Time Requirements for Use of the Argon Laser to Polymerize Composite Resins. *J. of Clinical Laser Medicine & Surgery.* 10, 273–278, 1992.
25. Leinfelder, K.F. : Posterior composite resins. *J. Am. Dent. Assoc.(special issue).* 21–26, 1988.
26. Loyes, K., Lambrechts, P., Vanherle, G. and Davidson, C.L. : Material development and clinical performance of composite resins. *J. Pros. Dent.* 48(6), 664–672, 1982.
27. McCabe, J.F. and Kagi, S. : Mechanical properties of a composite inlay material

- following post-curing. *Br. Dent. J.* 171, 246–248, 1991.
28. Osborne, J. W., Gale, E.N. and Ferguson, G.W. : One-year and two-year clinical evaluation of a composite resin vs. amalgam. *J. Pros. Dent.* 30(5), 795–800, 1973.
 29. Peutzfeldt, A. and Asmussen, E. : A comparison of accuracy in seating and gap formation for three inlay/onlay techniques. *Oper. Dent.* 15, 129–135, 1990.
 30. Powell, G.L., Kelsey, W.P., Blankenau, R.J. and Barkmeier, W.W. : The use of an argon laser for polymerization of composite resin. *Esthetic Dentistry.* pp.78–81, 1989.
 31. Ruyter, I.E., and Svendsen, S.A. : Remaining methacrylate groups in composite restorative materials. *J. of Dent. Mater.* 18, 75–82, 1977.
 32. Strohaber, R.A. and Mattie, D.R. : A scanning electron microscope comparison of microfilled fixed prosthodontic resins. *J. Pros. Dent.* 57, 559–565, 1987.
 33. Wendt, Jr. and Stanley, W.L. : The effect of heat used as a secondary cure upon the physical properties of three composite resins. I. Diametral tensile strength, compressive strength, marginal dimensional stability. *Quint. Int.* 18, 265–271, 1987.
 34. Wendt, Jr. and Stanley, W.L. : The effect of heat used as a secondary cure upon the physical properties of three composite resins. II. Wear, hardness, and color stability. *Quint. Int.* 18, 351–365, 1987.
 35. Wendt, S.L. : Effect of heat on the physical properties of composite resins. *J. Dent. Res.* 65(special issue) : 220(abst. No. 458), 1986.
 36. Wendt, S.L. : Time as a factor in the heat curing of composite resins. *Quint. Int.* 20, 259–263, 1989.
 37. Wendt, S.L. and Leinfelder, K.F. : Clinical evaluation of a heat cured composite resin inlay. *J. Dent. Res.* 67 : 120(abst. No. 61), 1988.